

Lange spor CO₂

Et temahefte fra Norges forskningsråd



Resultater fra over 20 år med
forskning på CO₂-håndtering

Om Norges forskningsråd

Norges forskningsråd er et nasjonalt forskningsstrategisk og forskningsfinansierende organ. Forskningsrådet er den viktigste forskningspolitiske rådgiveren for regjeringen, departementene og andre sentrale institusjoner og miljøer med tilknytning til forskning og utvikling (FoU). Videre arbeider Forskningsrådet for et økonomisk og kvalitetsmessig løft i norsk FoU og for å fremme innovasjon, i samspill med forskningsmiljøene, næringslivet og den

offentlige forvaltningen. Forskningsrådet skal identifisere behov for forskning og foreslå prioriteringer. Gjennom målrettede finansieringsordninger skal Rådet bidra til å sette i verk nasjonale forskningspolitiske vedtak. Andre viktige oppgaver er å være møteplass for forskerne, finansieringskildene og brukerne av norsk forskning og å medvirke til internasjonalisering av forskningen.

Innhold



>> 6

Fangst

Verden over er det over 8000 kull- og gasskraftverk og industrianlegg som står for halvparten av de menneskeskapt CO₂-utslippene. Det er teoretisk mulig å fange, eller rense, CO₂ fra disse utslippskildene. Norsk forskning har i stor grad bidratt til utviklingen av teknologi for fangst av CO₂.



>> 14

Transport

Når CO₂ er fanget må den transporteres til et passende lagringssted. Ofte kan det være snakk om flere hundre kilometer mellom lagringsstedet og utslippskilden. Rørledninger er den vanligste transportmetoden, men skip er også et alternativ.



>> 18

Lagring

CO₂ må lagres forsvarlig slik at den ikke siver ut til atmosfæren igjen. Dette kan gjøres i porøse bergarter som har en solid og tett bergart over seg som hindrer at CO₂ kan slippe ut igjen. Samme prinsipp har faktisk holdt olje og gass innestengt i olje- og gassfelt i millioner av år.

Langtidsanalyse av CLIMIT-programmet: Gir energi- og industrisektoren nye klimaløsninger

CLIMIT er Forskningsrådets og Gassnovas strategiske program for forskning, utvikling og deminstrasjon innenfor CO₂-fangst og -lagring (CCS). Programmet gir oss viktig kunnskap om teknologi og løsninger som kan bidra til å løse klimautfordringene og bygge opp under norsk næringslivs muligheter for verdiskapning.

I dette heftet presenterer Forskningsrådet en analyse som viser utviklingen av forskningen innen dette feltet, fra 1980-tallet og frem til i dag.

Analysen, vi kaller den «Lange spor», følger utvalgte prosjekter og porteføljer av prosjekter for å spore effekten Forskningsrådets finansiering har hatt.

Og hva er de viktigste funnene? Erfaringene fra CLIMIT og fra forløperne til programmet, viser at økte midler til forskning på dette feltet har utløst nyskapende forskningsresultater og innovasjon.

CLIMIT-programmet har bidratt til å bygge opp sterke forsknings- og fagmiljøer over tid. Ut fra disse miljøene har det nå sprunget ut to Forskningsssentre for miljøvennlig energi (FME), det siste skuddet på stammen av Forskningsrådets virkemidler innen dette området. Forskningsrådet har satt høye ambisjoner for FME-ordningen og vi ser allerede at FMEene innen CCS har tiltrukket seg stor internasjonal interesse.

Analysen av forskningsinnsats over tid er viktige fordi de viser effekten av å investere offentlige midler i forskning. Forskningsrådet bruker disse analysene som en del av vårt kunnskapsgrunnlag for prioriteringer fremover og i vår dialog med forskningsfinansierende departementer. Næringslivet kan ha nytte av langtidsanalyser som viser at forskningen gir ny kunnskap som igjen kan danne grunnlag for å nye bedriftsetableringer.

«Lange spor» understreker betydningen av å tenke langsiktig: Når et forskningsprosjekt starter opp, er det ikke åpenbart hva

slags effekter det vil gi. Ofte kan det ta lang tid før forskningen gir resultater og avkastning, og da kanskje på andre områder enn opprinnelig tenkt. Denne analysen viser flere gode eksempler på dette. Det er mange flere av Forskningsrådets CLIMIT-prosjekter enn de denne analysen omfatter som har gitt viktige resultater. I sum bekrefter analysen og vår noe bredere porteføljeanalyse at CLIMIT-programmet har gitt vesentlige bidrag til utviklingen av løsninger for fremtidens energisystem. Dette tar vi med oss i planleggingen av videre forskningsinnsats

God lesning!

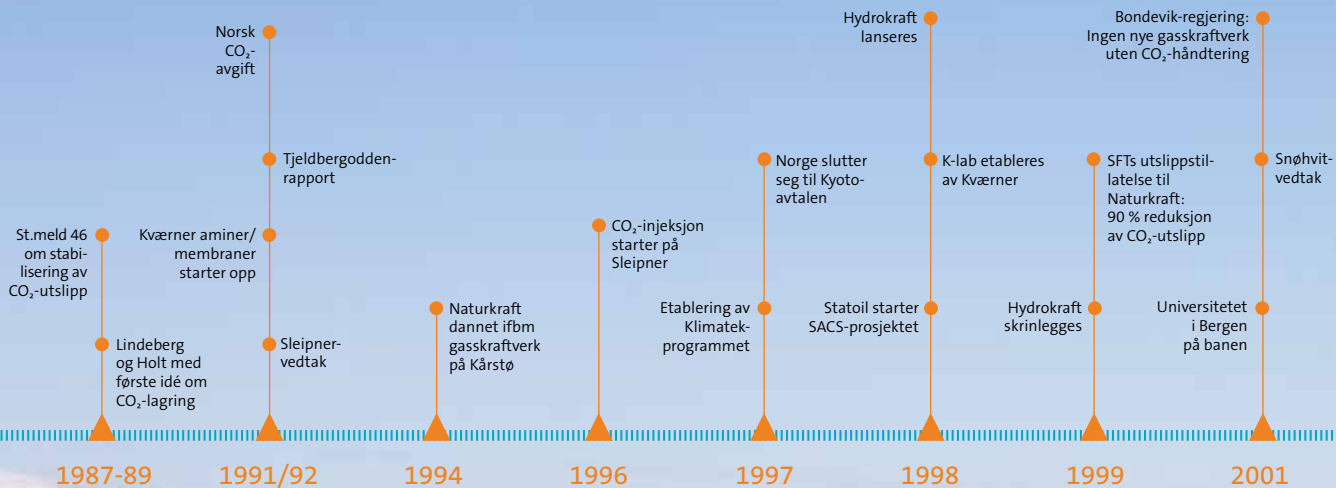
Fridtjof Unander

Direktør

Divisjon for energi, ressurser og miljø



Foto: Sverre Chr. Jarild

Milepæler for CO₂-håndtering i Norge

Viktig brikke i klimakampen

CO₂-håndtering i kraftverk og industri er tvingende nødvendig for å begrense den globale temperaturøkningen til to grader.

De menneskeskapte CO₂-utslippene må reduseres med 50 til 80 prosent frem mot 2050 hvis vi skal begrense temperaturstigningen til to grader Celsius, fremgår det av FNs klimapanelers rapporter. Basert på dette har det internasjonale energibyrået, IEA, etablert «The Blue Map scenario». Scenarioet viser at alle rene energiformer, inkludert fornybar energi, CO₂-håndtering og energieffektivisering, må videreutvikles for å nå målet.

Men noen tiltak gir større effekt enn andre. CO₂-håndtering kan bidra med så mye som 19 prosent av nødvendige

utslippskutt. Uten bred innføring av CO₂-håndtering over hele verden blir det hele 70 prosent dyrere å nå tograders-målet, viser IEAs analyser.

Forbruket øker

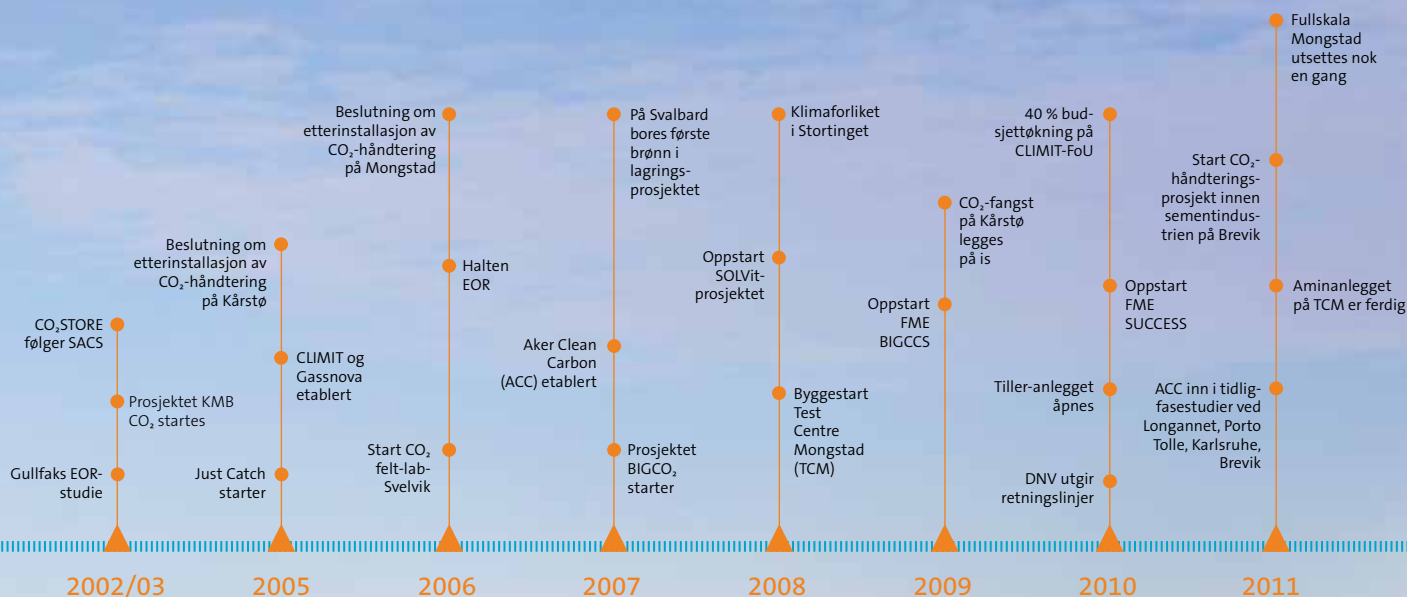
Kraftforbruket i verden vil fortsette å øke med 87 prosent frem mot 2050 hvis ikke betydelige tiltak iverksettes, ifølge IEA. En kraftig utbygging av fornybar energi, kombinert med storstilt satsing på energieffektivisering, vil på langt nær strekke til for å dekke behovet. Kraft fra kull og gass gir store utslipp, men kan gi mye ny og billig kraft i løpet

av kort tid, og det fins mengder av råvarer tilgjengelig. Derfor vil vi se mangfoldige nye kull- og gasskraftverk.

Mange industrianlegg er også store kilder til punktutslipp. Ingen av disse har fullskala CO₂-fangst i dag. Innføring av CO₂-håndtering i eksisterende og nye industri- og kraftanlegg kan derfor gi svært store reduksjoner i de totale utslippene.

Ledende posisjon

I Norge har vi knapt noe kull- og gasskraft. Likevel har vi valgt å ta en sentral rolle i utvikling av CO₂-håndtering.



Global klimatenking og fremtidige forretningsmuligheter er viktige stikkord.

Norge var tidlig ute med å sette CO₂-håndtering høyt på dagsordenen. Vi var først ute med storskalalagring av CO₂ i undergrunnen, på Sleipner-feltet, og har gjennom mer enn 20 år med kontinuerlig forskning og teknologiutvikling brakt norsk kompetanse til verdenstoppen. Norske forsknings- og industrimiljøer har vist at det lar seg gjøre å fange inn, transportere og lagre CO₂ på en sikker måte ved å bygge og drive anlegg for

CO₂-håndtering, og de har hatt sterk deltakelse i internasjonal forskning og internasjonale prosjekter og fora.

Vi har bidratt med kunnskapsløft som gjør CO₂-håndtering i fullskala mulig i dag, og norsk kunnskap og kompetanse er uhyre viktig for innføring av CO₂-håndtering i resten av verden.

Store forretningsmuligheter

3400 storskalaanlegg må være på plass verden over i 2050 for å oppnå utslippsreduksjoner på 19 prosent, ifølge

IEA. Norge er godt posisjonert til å ta del i det store markedet innen CO₂-håndtering som vil vokse frem i løpet av de neste tiårene.

Alt taler for at dette kan bli en ny, viktig forretningsgren for Norge. Teknologitvillingen er i rute, men for at et kommersielt marked skal skapes, og klimamålene nås, må en forutsetning først innfris: Politikerne må sette en pris på klimagassutslipp som gjør det mer lønnsomt å fange inn og lagre CO₂ enn å slippe den ut! ■



Aktivitet verden over >>

Det er kun åtte anlegg for CO₂-håndtering i verden som er i drift. Ytterligere fire er under bygging. Men ved utgangen av 2010 var det hele 234 aktive eller planlagte anlegg, ifølge Global CCS Institute. Over 80 prosent er i en vurderingsfase. 77 av prosjektene er fullskalaanlegg som omfatter både fangst, transport og lagring av CO₂.



Foto: Sverre Chr. Jarlid

CO₂-fangst fra spire til forretning

Tekniske løsninger som kan fange CO₂ i stor skala er tilgjengelig i dag. Vi har kommet langt, og det går tydelige spor i norsk forskning fra mer enn 20 år tilbake til der vi står i dag.

▶ Siden den spede begynnelsen i slutten av 1980-årene har norske forsknings- og utviklingsmiljøer gjort en formidabel innsats for å utvikle metoder og teknologier for CO₂-fangst, både på hjemmebane og ute i verden. Gode resultater er oppnådd gjennom praktisk erfaring i prosjekter på Sleipner-feltet og langsiktig forskning i store programmer og forskningssentre for CO₂-håndtering, støttet av Forskningsrådet og industrien.

I 2011 er CO₂-fangst på vei mot kommersialiseringsstadiet, og det er mer aktuelt enn noen sinne som tiltak for å begrense de menneskeskapte klimaendringene. G8-landene har ved flere anledninger støttet anbefalinger fra IEA om at kommersialisering av CO₂-håndtering bør skje innen 2020. Under

klimaforhandlingene i Cancun i Mexico i 2010 ble det enighet om å åpne for å inkludere CO₂-håndtering i den grønne utviklingsmekanismen (Clean Development Mechanism, CDM). Dette er den mest omfattende globale mekanismen for kutt i utslipp av drivhusgasser.

Unikt norsk testanlegg

Neste trinn i prosessen er nå å bygge og høste erfaringer fra de første store demonstrasjonsanleggene, deretter å bygge kommersielle anlegg i full skala. I denne sammenhengen satser Norge stort på Technology Centre Mongstad (TCM), hvor det er satt av plass til utprøving av flere teknologier. TCM settes i drift tidlig i 2012.

Dette blir verdens største testanlegg for CO₂-fangst, og det første som kan teste under forhold som tilsvarer både gass- >>

Klimatek

Frem til 1996 kom offentlig finansiering hovedsakelig direkte fra departementer og direktorater. I 1997 tiltrådte Norge Kyoto-avtalen og Klimatek-programmet, administrert av Forskningsrådet, kom på plass. Programmet skulle bidra til reduksjon av klimagassutslipp. En stor andel av midlene gikk til CO₂-håndtering.

SOLVit

I forskningsprogrammet SOLVit utvikles kjemikalier og prosesser for CO₂-fangst fra røkgassen i gass- og kullkraftverk som er betydelig bedre enn de som brukes i dag. I første omgang jobbes det for å forbedre dagens aminløsninger slik at de blir mer effektive som solventer. Målet er å utvikle en aminsolvent som senker energiforbruket med 50 prosent. Foreløpig har forskerne oppnådd en reduksjon på cirka 35 prosent.

Programmet går i tre trinn fra 2008 til 2014, og ledes av Aker Clean Carbon. SINTEF og NTNU er med som partnere. Prosjektet er delt i to med et utviklingsprogram og et utdanningsprogram. Budsjettet for utviklingsdelen av prosjektet er på 91,3 millioner kroner, og CLIMIT finansierer 35 prosent gjennom Gassnova. Utdanningsprogrammet har et budsjett på 37,2 millioner kroner hvorav 26,4 millioner kroner støttes av CLIMIT gjennom Forskningsrådet.

og kullkraftverk. Kapasiteten er 100 000 tonn CO₂ per år, en tidel av mengden fra et storskala gasskraftverk på 400 megawatt.

Fullskala kommer

Verdens første fullskala fangstanlegg fra kull- eller gasskraftverk kommer høyst sannsynlig allerede i 2014 i Canada. Mongstad fullskala lå lenge an til å bli først, men utsettelse gjør at flere andre land nå ligger foran Norge.

Ifølge Globale CCS Institute er det globalt over 200 aktive eller planlagte CO₂-håndteringsanlegg. Kun åtte anlegg er i drift, og ytterligere fire er under bygging. Anleggene henter CO₂ fra naturgass, gassifiseringsanlegg eller produksjon av kunstgjødsel. Norge har anlegg i drift for fangst og lagring av CO₂ fra naturgass på Sleipner og Snøhvit.

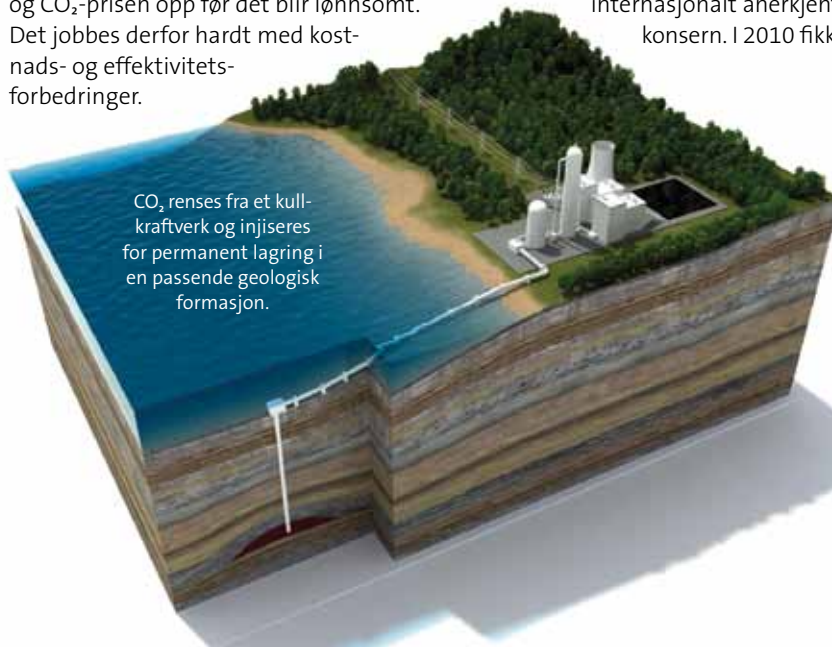
Resultatene fra forskningen tilsier at teknologiene fra Aker Clean Carbon (ACC) og enkelte andre leverandører kan brukes i storskala fangstanlegg i dag. Utfordringen er at kostnadene må ned og CO₂-prisen opp før det blir lønnsomt. Det jobbes derfor hardt med kostnads- og effektivitetsforbedringer.

Usikkerhetene som følger med når teknologi skaleres opp for første gang er også en utfordring.

Norsk teknologi i front

Norske selskap ligger langt fremme. ACC har kommet langt i kommersialiseringen av sitt aminbaserte Just Catch-konsept, og er inne i flere planlagte prosjekter internasjonalt for fullskala CO₂-fangst. I tillegg til å delta med et demonstrasjonsanlegg på Technology Centre Mongstad, opererer ACC en komplett mobil testenhet (MTU) som lenge var i drift i Skottland og nå er under testing ved det nasjonale karbonfangstsenteret i USA. I 2010 ble et pilotanlegg i full skala satt i drift på Tiller ved Trondheim. Der jobbes det med å finne optimale løsningsvæsker.

Sargas, som ble etablert i 2003, har utviklet en patentert teknologi hvor kaliumkarbonat brukes som absorpsjonsmiddel. Røkgassen settes under trykk, noe som gjør at fangstanlegget kan gjøres mindre. I dag tilbyr selskapet nøkkelferdige fullskalaanlegg for kullkraftverk i EU og USA sammen med internasjonalt anerkjente konsern. I 2010 fikk





«Mongstad blir verdens største testanlegg for CO₂-fangst, og det første som kan teste under forhold som tilsvarer både gass- og kullkraftverk».

selskapet et intensjonsbrev i forbindelse med at CO₂ fra et kullkraftverk i USA skal brukes til økt oljeutvinning.

Alternative teknologier på vei

Norske forskere har også kommet et godt stykke på vei med å utvikle nye teknologier som kan fjerne CO₂ bedre og billigere både for fangst fra røkgass og utskilling av CO₂ før forbrenning. Et lovende aminbasert konsept fra Statoil, utviklet i samarbeid med miljøer tilknyttet Høgskolen i Telemark, har fått navnet 3C (Compact CO₂ Capture). Konseptet medfører at fangstanleggene kan lages mer kompakte og dermed mer kostnadseffektive. Resultatene fra tester tyder på at teknologien har

stort potensial. Tre patentsøknader ble offentliggjort i januar 2011, og snart tas det stilling til om et større pilotprosjekt skal gjennomføres.

SINTEF er involvert i utvikling av membraner som kan brukes til CO₂-fangst, og med utvikling av teknologien Chemical Looping Combustion (CLC), en ny teknologi hvor tradisjonell forbrenning erstattes med kjemiske reaksjoner som avgir varme. Begge anses å ha stort potensial.

Det norske Veritas har meldt seg på tjenesiden ved å opprette en kommersiell enhet for CO₂-håndtering. En viktig >>

BIGCO₂ >>

Forskningsprogrammet BIGCO₂ ved SINTEF Energiforskning ser på alle former for CO₂-fangst, og omfatter også lagring og verdikjede. Programmet ble startet i 2007 og avsluttet i 2011. Partnere er NTNU, Conoco/Phillips, DLR, Aker Solutions, Alstom, General Electric, Shell, Statkraft, Statoil og Total. Budsjettet er på 103 millioner kroner. Forskningsrådet gir økonomisk støtte med 80 prosent av budsjettet.



leveranse fra DNV er standarder for kvalifisering av CO₂-fangstteknologi.

Christian Michelsen Research, Prototech og Institutt for energiteknikk startet Zero Emission Gas (ZEG) i 2001. Selskapet ZEG Power ble etablert for å videreutvikle og kommersialisere en teknologi som integrerer brenselceller og reformering av naturgass med CO₂-fangst, noe som kan gi høy virkningsgrad.

«Norge var først i verden med å vedta mål for fremtidige CO₂-utslipp. Målet var å stabilisere utslippene i 2000 på 1989-nivå».

25 års innsats

Allerede i 1986 kom norske forskere med ideer om å fjerne CO₂ fra gass-turbinenes røykgass på oljeplattformer og bruke den til økt oljeutvinning, senere også om fjerning av CO₂ fra gasskraftverk på land.

I 1987 kom rapporten «Vår felles fremtid» fra Verdenskommisjonen for miljø og utvikling. Rapporten satte søkelys på sammenhengen mellom økonomisk vekst og negative endringer i miljøet, og ble fulgt opp med stortingsmelding 46 i 1988/1989, som satte reduksjon av CO₂-utslipp på den politiske dagsordenen. Norge ble først i verden med å vedta mål for fremtidige CO₂-utslipp. Målet var å stabilisere utslippene i 2000 på 1989-nivå. Dette ble senere endret.

Stortingsmeldingen var den første sporen til at det ble etablert et norsk forsknings- og utviklingsmiljø innen

CO₂-håndtering. Statoil finansierte en studie hos SINTEF på temaet, og rapporten ble presentert på den første internasjonale konferansen om CO₂-fjerning i Amsterdam i 1992.

I perioden 1989-1992 så Statoil på ulike teknologier for CO₂-fangst, inklusive separasjon av CO₂ fra røykgass basert på aminprosesser og forbrenning av naturgass i en oksygenatmosfære. Man var også innom tanken på å bygge et gasskraftverk på Tjeldbergodden der CO₂ skulle vaskes ut med sjøvann. Dette ble vurdert gjennom flere studier, men det viste seg å være for vanskelig og kostbart til å gjennomføres i praksis.

CO₂-avgift og Sleipner

Avgiften på CO₂-utslipp i 1991 ga støtet til å utvikle Norges pionerrolle innen CO₂-fangst. Naturgassen som hentes opp fra Sleipner-feltet i Nordsjøen inneholder for mye CO₂ til at kundene vil ha den, og CO₂ må

derfor renses ut av gassen før den kan selges. Da den norske staten la avgift på utslipp av CO₂ fra installasjonene i Nordsjøen, hadde Statoil som operatør på Sleipner-feltet valget mellom å betale avgiften for å slippe ut CO₂ til atmosfæren, eller å lagre klimagassen. Selskapet valgte det siste.

Sleipner-prosjektet var verdens første store CO₂-håndteringsprosjekt der CO₂ ble sendt ned i undergrunnen. Det er antakelig ikke mulig å overvurdere betydningen prosjektet har hatt for utvikling av Norges internasjonale ry og posisjon innen CO₂-håndtering.

Statoils beslutning om å fjerne CO₂ fra naturgassen ute på Sleipner-feltet og lagre den i Utsira-formasjonen, satte fart på de norske forskningsaktivitetene.

Kværner inn på banen

Forskningen rundt fangst av CO₂ var fra starten av dominert av bruk av aminer >>

FME BIGCCS >>

Ordningen med Forskningscenter for miljøvennlig energi (FME) ble etablert i 2008. Et av sentrene, BIGCCS - International CCS Research Centre, tar for seg fangst, transport og lagring av CO₂. Senteret forsker bl.a. på nye fangstprosesser, forbrenning i rent oksygen, og forbrenning av hydrogen. BIGCCS skal bidra med grunnleggende og langsiktig forskning for å virkeliggjøre fullskala CO₂-håndtering fra kraftproduksjon og industrielle prosesser. Stor vekt legges på innovasjon og verdiskaping. Prosjektet går over åtte år, har 21 partnere, og et budsjett på 400 millioner kroner. Av dette kommer 160 millioner kroner fra Forskningsrådet.



SINTEFs anlegg for CO₂-fangst på Tiller



til å absorbere CO₂ fra røykgass. Kværner utredet i 1991/1992 muligheten for å fjerne CO₂ fra gassturbiner til havs på oppdrag fra SFT (Statens forurensnings-tilsyn, nå KLiF). Deretter startet de et prosjekt for å utvikle membraner som kan skille CO₂ fra røykgass med hjelp av aminer med støtte fra energiselskaper og norske myndigheter gjennom Klimatek-programmet. Et laboratorium ble bygd på SINTEF/NTNU i 1996 for utprøving i liten skala, og et større pilotanlegg ble installert på Kårstø i 1998 der det kunne testes med røykgass fra gassturbiner.

Uro om gasskraftverk

I 1994 ble selskapet Naturkraft dannet av Norsk Hydro, Statkraft og Statoil. Naturkraft skulle bygge gasskraftverk i Norge og eksportere kraften til andre nordiske land. Kraftverk uten CO₂-håndtering på Kårstø og Kolsnes ble

planlagt, og konsesjon ble gitt i 1996. I 1999 begrenset SFT utslippstillatelsen til ti prosent av det estimerte. Dermed ble det klart at kraftverkene måtte ha CO₂-fangst.

SFT-kravet førte til stor politisk turbulens rundt gasskraft og CO₂-håndtering. Arbeiderpartiet og Høyre, som satt i opposisjon til Bondeviks koalisjonsregjering, krevde at forurensningsloven skulle endres for å kunne bygge ut gasskraftverk med hjelp av eksisterende teknologi. Bondevik-regjeringen valgte å stille kabinettsspørsmål, og fikk flertall mot seg i Stortinget. Den 10. mars 2000 søkte Regjeringen avskjed. Men da Bondevik kom til makten igjen i 2001 ble det besluttet at gasskraftverk uten CO₂-håndtering var utelukket. Konsekvensen av dette ble økt støtte til forskning og utvikling.

Arbeidet intensiveres

I 1997-2007 økte interessen for CO₂-håndtering. Kværner fortsatte amin-prosjektet, og undersøkte i tillegg mulighetene for å produsere hydrogen og tilnærmet rent karbon («Carbon Black»). Aker satte blant annet i gang et prosjekt der CO₂ skulle fanges inn ved at naturgass ble forbrent i oksygenatmosfære. Etter Aker Kværner-fusjonen i 2001 fortsatte satsingen på CO₂-fangst. NTNU og SINTEF var hele tiden sterkt involvert.

I mellomtiden startet andre prosjekter. Hydrokraft var et konsept som baserte seg på separasjon av hydrogen fra naturgass. I 1998 bekjentgjorde Hydro planer om et gasskraftverk på Karmøy. Naturgass skulle spaltes i CO₂ og hydrogen, som skulle forbrennes. Samarbeid ble innledet med General Electric om

utvikling av gassturbiner som kunne forbrenne hydrogen.

Planene om Hydrokraft og gasskraftverk ble skrinlagt i 1999. Hydro startet så et prosjekt med membraner for separasjon

for CO₂-fangst ved Norcems sement-fabrikk i Brevik.

Spør mot fremtiden

Sporene fra de første prosjektene kan følges opp gjennom årene til der vi står

«Allerede i 1986 kom norske forskere med ideer om å fjerne CO₂ fra gassturbinenes røykgass på oljeplattformer og bruke den til økt oljeutvinning, senere også om fjerning av CO₂ fra gasskraftverk på land».

av oksygen fra luft, og med separasjon av hydrogen fra naturgass. Begge teknologiene var løfterike og resulterte i patenter, men ble ikke ført videre.

Modningstid

En stor milepæl for CO₂-fangst kom i 2006. Da inngikk Staten og Statoil en avtale om å gjennomføre CO₂-fangst ved kraftvarmeverket på Mongstad ved først å bygge et testanlegg, og deretter et fullskalaanlegg. Byggingen av testanlegget startet i 2008.

Omfanget av forskning og utvikling økte ytterligere fra 2007. Aker Clean Carbon ble etablert for å akselerere og kommersialisere CO₂-fangst. Et stort forskningsprosjekt kalt KMB CO₂ ved SINTEF ble i 2007 fulgt av BIGCO₂. Samme år startet også BIGH₂. Klimaforliket i 2008 førte til at det ble satt av mer midler til å styrke forskning på miljøvennlig energi og CO₂-håndtering.

I 2010 ble støtteordningen i CLIMIT utvidet til å omfatte punktutslipp fra industri. Den første industribevilgningen gikk til et forprosjekt om et pilotanlegg

i dag, med internasjonalt anerkjente selskap og forskere og teknologi i verdensklasse. I månedene og årene som kommer vil vi se testsenteret på Mongstad settes i drift, og de første erfaringene vil høstes inn.

Flere forbedringer vil bli gjort som reduserer kostnader og øker effektiviteten. De første fullskalaanleggene vil bli bygd, og et kommersielt marked vil vokse frem. Nye og bedre teknologier vil bevege seg mot modningsfasen.

Teknologileverandører i verdensklasse, som ACC, har et potensielt marked på 8000 utslippskilder. Disse står for halvparten av de menneskeskapte CO₂-utslippene. Dette kan også danne grunnlag for betydelig salg av norske forsknings- og konsulenttjenester på et internasjonalt marked.

Konturene er klare: Norsk forskning vil fortsette å være toneangivende, og norsk ekspertise vil ligge helt i tet i overskuelig fremtid. Den norske FoU-innsatsen innen CO₂-håndtering er en svært viktig brikke i det internasjonale løpet for å klare 2-gradersmålet. ■

EMBa

I 2001 ble Klimatek avsluttet og CO₂-forskning lagt inn under Renergi i Energi, Miljø, Bygg og anlegg (EMBa). Prosjekter innen CO₂-håndtering mottok den største delen av EMBa-budsjettet i perioden 2002-2004.

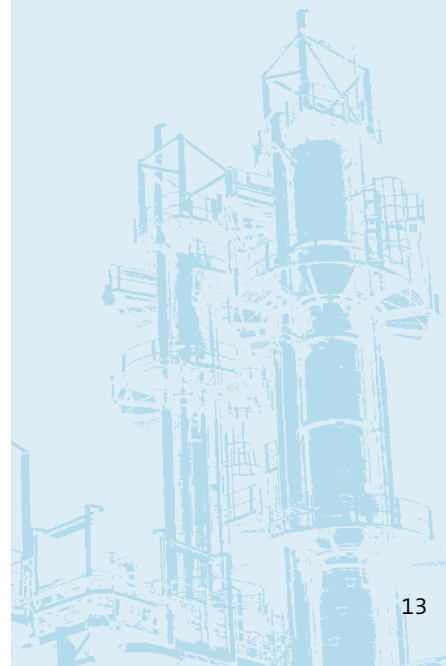
De viktigste aktørene innen CO₂-fangst:

Forskningsinstitusjoner

- ▶ SINTEF
- ▶ NTNU
- ▶ Tel-Tek
- ▶ Høyskolen i Telemark (HiT)

Selskaper

- ▶ Aker Clean Carbon (ACC)
- ▶ Statoil
- ▶ Sargas
- ▶ Det Norske Veritas (DNV)
- ▶ Alstom
- ▶ ZEG Power
- ▶ NEBB





CO₂-transport får mer oppmerksomhet

Norsk forskning på transport av CO₂ er intensivert de siste årene.



► De første årene dreide den norske forskningen innen CO₂-håndtering seg mest om fangst og lagring, og ikke så mye om transport av CO₂. De siste årene har dette endret seg.

I CLIMITs programplan for 2010-2012 er CO₂-transport et av hovedområdene. I 2011 blir det i forskningsporteføljen til Forskningsrådet gitt over 18 millioner kroner til CO₂-transportprosjekter.

Norske erfaringer

Når CO₂ er fanget inn, må gassen transporteres til et egnet lagringssted. Etter hvert som fangst- og lagringsprosjektene har nærmet seg realisering eller blitt realisert, er det blitt mer aktuelt å forske på transportdelen. Bakgrunnen er blant annet at det kan oppstå flere forskjellige problemer som man ikke har med naturgass og andre typer gasser når CO₂ komprimeres og transporteres i rør.

Norge har mange års erfaring med transport av naturgass. I 2001, inspirert av suksessen på Sleipner, lanserte Statoil muligheten for å ta i bruk CO₂-håndtering for Snøhvit i Barentshavet. Siden prosesseringen skulle skje på land, måtte CO₂ transporteres i en 153 kilometer lang rørledning tilbake til feltet. Der skulle CO₂-en injiseres 2600 meter under havbunnen. Denne lange rørledningen byr på langt større utfordringer enn hva man har på Sleipner. Prosjektet ble gjennomført, og injeksjonen startet i 2008. Dermed fikk Snøhvit verdens første CO₂-rørledning til havs.

Flere problemstillinger

Ofte vil det være nødvendig med transport av CO₂ over flere hundre kilometer, enten i rør eller med skip. Transport av CO₂ i store mengder er gjort i rørledninger over lange avstander av oljeindustrien i USA siden tidlig på >>

Foto: Sverre Chr. Jarlid



1970-tallet uten større uhell. En del CO₂ fraktes også på små skip.

Man vet derfor at transport av CO₂ lar seg teknisk gjøre i fremtiden uten videre forskning. Forskingen konsentrerer seg om å øke sikkerheten ved å skaffe økt forståelse av konsekvenser ved uhell og unormale driftsforhold samt redusere kostnadene.

CO₂-gassen som transporteres i USA for å injiseres i oljefelt på land, er i hovedsak ren og tørr. CO₂-en fra kraftproduksjon og industri inneholder urenheter i form av oksygen, SO_x og NO_x og andre stoffer. Disse kan forårsake utfelling av faste stoffer og korrosjon, og har betydning

for fasetilstanden til den sammensatte gassen som skal transporteres.

Forskningen i Norge tar for seg disse problemstillingene, og hvilke konsekvenser CO₂-utslipp fra rørledninger kan ha på havbunnen og på land. Det jobbes også med å utvikle beregningsverktøy. På bakgrunn av forskningsresultatene så langt har DNV utarbeidet en anbefalt praksis for utforming og drift av rørledninger.

Tidlige forskningsprogram

Både SINTEF og Statoil har også tidligere startet store prosjekter rettet mot CO₂-transport. SINTEF og rådgivningsselskapet Reinertsen deltok blant annet fra 2000 i

det internasjonale industriprosjektet CO₂ Capture Project (CCP), hvor transport av CO₂ var en del av programmet.

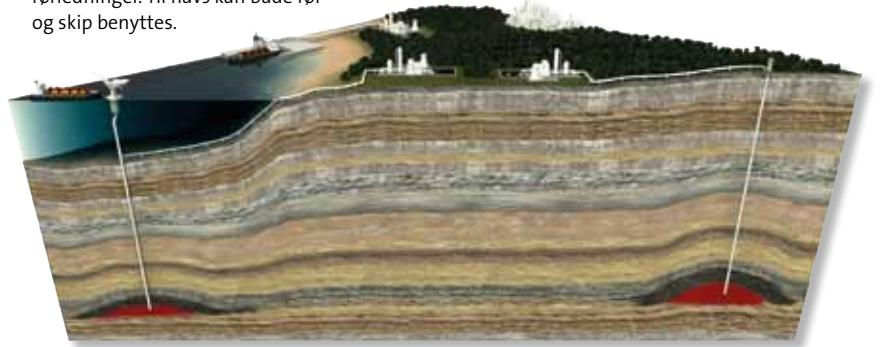
I perioden 2002-2004 undersøkte Statoil mulighetene for å bruke CO₂ til økt oljeutvinning på Gullfaksfeltet. Dette skulle være på plass i 2008. Flere alternative infrastrukturer for å transportere CO₂ fra kilder i Nordsjøen og rundt til feltet ble da utredet. Prosjektet ble skrinlagt fordi Statoil mente det ikke ville bli lønnsomt.

Transport med skip

Et resultat kom likevel ut av Gullfaksstudiene. I samarbeid med Navion (nå Teekay) laget Statoil utkast til skip som

«Resultatene fra de pågående prosjektene vil de nærmeste årene kunne gi ny kunnskap om hvordan CO₂ kan transporteres mest mulig sikkert, problemfritt og økonomisk».

CO₂ transporteres på land gjennom rørledninger. Til havs kan både rør og skip benyttes.



kunne foreta slik transport. Industrielsselskapet Yara har transportert flytende CO₂ med skip i mange år, men kapasitetene på disse skipene er alt for liten. Det kreves spesialbygde skip som kan ta 10 000-30 000 kubikkmeter gass.

Norske rederier har sammen med Statoil engasjert seg i å utvikle slike skip. Rederiet IM Skaugen opererer i dag skip som kan frakte store mengder CO₂. O.A.S. Knutsen og Teekay har også vist interesse.

Forskningen skyter fart

Fra 2007 økte innsatsen innen transport både hos norske institusjoner som hadde jobbet med CO₂-håndtering, og de som hadde jobbet med transport av naturgass. Problemstillinger rundt lekkasje gjennom havbunnen og rørledninger ble blant annet belyst.

Gassco utførte i 2007 og 2008 en konseptstudie for rørtransport av CO₂ fra Naturkrafts gasskraftverk på Kårstø og energiverket på Mongstad til geologiske lagringssted på kontinentalsokkelen. Ved SINTEF startet i 2009 et stort prosjekt for transport og injeksjon av uren CO₂. Dette pågår til 2013.

Testrigger satt i drift

Statoil har bygd to laboratorierigger på sitt forskningscenter i Trondheim for å forske på CO₂-transport i forbindelse med Snøhvitutbyggingen.

Den ene testrigger brukes til å studere hva som skjer når trykket plutselig faller, for eksempel ved en lekkasje. I den andre riggen testes det på varmeoverføring mellom vann som omgir røret og CO₂ i røret under forhold som ligner på Snøhvit-forholdene. Hensikten er å kunne designe og drifte rørledningen slik at det ikke legger seg på utsiden. Det er også etablert testrigger ved Institutt for energiteknikk (IFE) og ved SINTEF.

Universitetet i Bergen kjører i 2010-2013 et prosjekt som ser på sikkerhets- og miljømessige konsekvenser av CO₂-utslipp fra rørledninger på havbunnen. Statoil, SINTEF og SPT Group Norway jobber på sin side med å modifisere simuleringsverktøyet OLGA til å håndtere CO₂. Verktøyet er fra før verdensledende innen rørtransport av naturgass.

Ny innsikt og nye verktøy

Resultatene fra de pågående prosjektene vil de nærmeste årene kunne gi ny kunnskap om hvordan CO₂ kan transporteres mest mulig sikkert, problemfritt og økonomisk. Gjennom prosjektene kan vi også få nye beregnings- og simuleringsverktøy som vil kunne være til stor hjelp både under design og drift av transportsystemer. Det vil også gi grunnlag for oppdateringer og forbedringer av standarder og retningslinjer. DNV har utarbeidet det de kaller «recommended practice» for rørtransport av CO₂ og er i gang med fase 2 av prosjektet CO₂Pipetrans. ■

De viktigste aktørene innenfor CO₂-transport >>

Forskningsinstitusjoner

▶ SINTEF

Selskaper

▶ Gassco

▶ Statoil

▶ DNV

▶ Teekay

▶ IM Skaugen

CO₂-lagringsprosjektet
på Svalbard.



Få CO₂ i bakken og sørg for at den blir der!

Lagring av CO₂ har fungert perfekt på Sleipner-feltet. Andre steder har CO₂-lagring vært mer komplisert, men likevel fullt mulig. Langsiktig forskning viser veien til trygg lagring av klimagassen.





► Norske selskaper og forskere har vist verden hvordan CO₂ kan lagres i reservoarer under havbunnen. Statoils løsning med å pumpe CO₂ ned i Utsira-reservoaret har vakt stor oppsikt internasjonalt. Etter å ha injisert en million tonn CO₂ årlig i over ti år, viser alle målinger at CO₂-en holder seg på plass, som forutsatt.

I sitt «Blue Map scenario» har det internasjonale energibyrået IEA beregnet at 19 prosent av reduksjonene i CO₂-

utslipp skal komme fra CO₂-håndtering. Et slikt omfang vil kreve enorme lagringsvolumer under bakken, både til havs og på land. Det er en stor teknologisk utfordring, men også en åpning for et kjempemarked. Etter mer enn 20 års forskning og praktisk erfaring har Norge verdensledende kompetansemiljøer på lagring i geologiske formasjoner under havbunnen. Industrien, spesielt Statoil, og forskningsmiljøene har samarbeidet tett og oppnådd internasjonalt anerkjente resultater.

Men fortsatt er det mange ubesvarte spørsmål om hvor og hvordan CO₂ best skal lagres for å holde seg på plass i tusener av år. Derfor støtter CLIMIT-programmet en rekke forskningsprosjekter og to feltlaboratorier innenfor CO₂-lagring, på Svalbard og ved Svelvik.

Unike Svalbard

Svalbard er en ettertraktet plass for å lære mer om hvordan CO₂ oppfører seg i bergarter. Berggrunnen som består av sedimentære bergarter, har et opp-



Illustrasjon: Bellona og Prosjektlab

Kraftverkene ligger ofte flere hundre kilometer unna gode lagringsformasjoner. CO₂ kan da transporteres i rør til lagringsstedet.

MatMoRA >>

En gruppe forskere ledet fra Universitetet i Bergen utvikler matematiske modeller for hvordan CO₂ beveger seg etter injeksjon. Dette er en svært komplisert prosess som avhenger av porøsitet og permeabilitet i bergarten, samt kjemiske og mekaniske egenskaper i lagringsområdet. Prosjektet «Geological Storage of CO₂: Mathematical Modelling and Risk Assessment» (MatMoRA) har gitt mange gode resultater om hvordan vi kan bruke matematikk til å forutsi hvordan CO₂ kan lagres med minimal risiko for lekkasje. Resultatene har økt vår forståelse for hva som skjer når CO₂ lagres dypt nedi bakken. Dette er helt essensielt for å kunne lagre CO₂ i stor skala verden over.

lagringsplass og øke forståelsen av hva som skjer.

Skal lekke på Svelvik

Mens forskerne på Svalbard skal finne tette lagringsplasser for CO₂, ønsker forskerne ved Svelvik at CO₂-en skal sive opp fra lageret i bakken. Målet er å finne hvilke målemetoder som er mest egnet til å oppdage lekkasjer i et lagringsreservoar på et tidlig tidspunkt.

I CO₂ Field Lab injiseres CO₂ forholdsvis grunt, ca. 200 m under bakken på Svelvik. Også her er hensikten å følge CO₂-ens bevegelser, primært med hensyn til å øke forståelsen av begrensninger og muligheter i overvåkingsutstyr.

EU krever i sitt lagringsdirektiv måling av CO₂-reservorer og at operatørene kan håndtere lekkasjer. Problemet er å finne rimelige og effektive overvåkingsmetoder, særlig til havs, og at avbøtende tiltak ved eventuelle lekkasjer har vært viet

begrenset oppmerksomhet. Det skal CO₂ Field Lab bidra til å klarlegge.

Betydningen av Sleipner

Sleipner-prosjektet var verdens første store CO₂-håndteringsprosjekt der CO₂ ble sendt ned i undergrunnen kun for å unngå CO₂-utslipp. Statoils beslutning om å fange CO₂-en i naturgassen og pumpe den ned i Utsira-formasjonen, fikk enorm betydning for Norges internasjonale ry og sterke posisjon innen CO₂-håndtering. (Se mer om Sleipnerfeltets betydning i kapittelet «CO₂-fangst fra spire til forretning».) Forutsetningen for å lykkes med CO₂-håndtering er å ha geologiske formasjoner med tilstrekkelig kapasitet og geologi til å kunne holde på CO₂ i flere tusen år. I Europa ble det derfor tatt initiativ på 90-tallet til å få kartlagt lagringspotensialet. Dette medførte behov for overvåking, prøvetaking og modellering. Kartleggingsprosjektet Joule II anbefalte i 1996 at partnerne henvendte seg til Sleipner-lisensen med >>

sprukket sandsteinreservoar fra 670 til nær 1000 meters dyp med tette skiferlag over og egner seg derfor godt til CO₂-lagring.

Visjonen på Svalbard er å ta CO₂ fra kullkraftverket, ca. 85 000 tonn per år, og injisere den i et reservoar ca. 1000 m under bakken. Det er boret brønner og tatt kjerneprøver av reservoar og takbergart. Laboratoriet gir en ypperlig anledning til å følge CO₂ fra kilde til

tanke på et vitenskapelig samarbeid. Det ble starten på flere store internasjonale prosjekter under ledelse av Statoil. Prosjektene hadde bred internasjonal deltakelse fra både forskningsinstitusjoner og industri og støtte fra EU, industri og nasjonale myndigheter.

EU-prosjektene Saline Aquifer CO₂ Storage (SACS) og oppfølgeren CO₂STORE har økt forståelsen av hvordan CO₂ oppfører seg i reservoaret. Prosjektene omfattet overvåking med seismikk, gravimetri og mer tradisjonelle metoder. Det ble tatt en kjerneprøve av takbergarten for Utsira-formasjonen og utviklet numerisk verktøy av høy klasse, i tillegg til at det ble gjennomført spesifikke studier for mulige lagringssteder i Danmark, Norge, Storbritannia og Tyskland. Det viktigste produktet er antakelig

«CO₂STORE Best Practice Manual», et dokument som oppsummerer erfaring og lærdom etter 8-9 år med injeksjon og overvåking av CO₂.

Sleipner, SACS og CO₂STORE har også bidratt med data til et utall andre prosjekter som har befattet seg med lagring av CO₂. Ikke minst har Sleipner-erfaringen gjort norske forskere og norsk industri tiltrekende som medarbeidere for utenlandske prosjekter, enten det er EU-prosjekter eller industriprosjekter. Selv om flere av disse har fokusert på fangst, har de gjerne hatt med lagringsdelen også.

På det BP-opererte feltet In Salah i Algerie der Statoil er partner, blir også naturgassen renses for CO₂ som pumpes

Lærdommen fra Snøhvit

Suksessen og erfaringen fra Sleipner inspirerte Statoil til å velge CO₂-håndtering også for Snøhvit i Barentshavet. Naturgassen der har for høyt CO₂-innhold og må renses før konvertering til LNG og salg. Til forskjell fra Sleipner, foregår prosesseringen av gassen på land og CO₂ må derfor transporteres tilbake til feltet for injeksjon. Dette foregår i en drøyt 140 km lang rørledning. Lagerformasjonen ligger vesentlig dypere enn på Sleipner, ca. 2600 m under havbunnen og under det produserende gassreservoaret.

Det er store forskjeller i formasjonene der CO₂-en lagres på Sleipner og Snøhvit. Injeksjonen på Sleipner har stort sett

FME SUCCESS >>

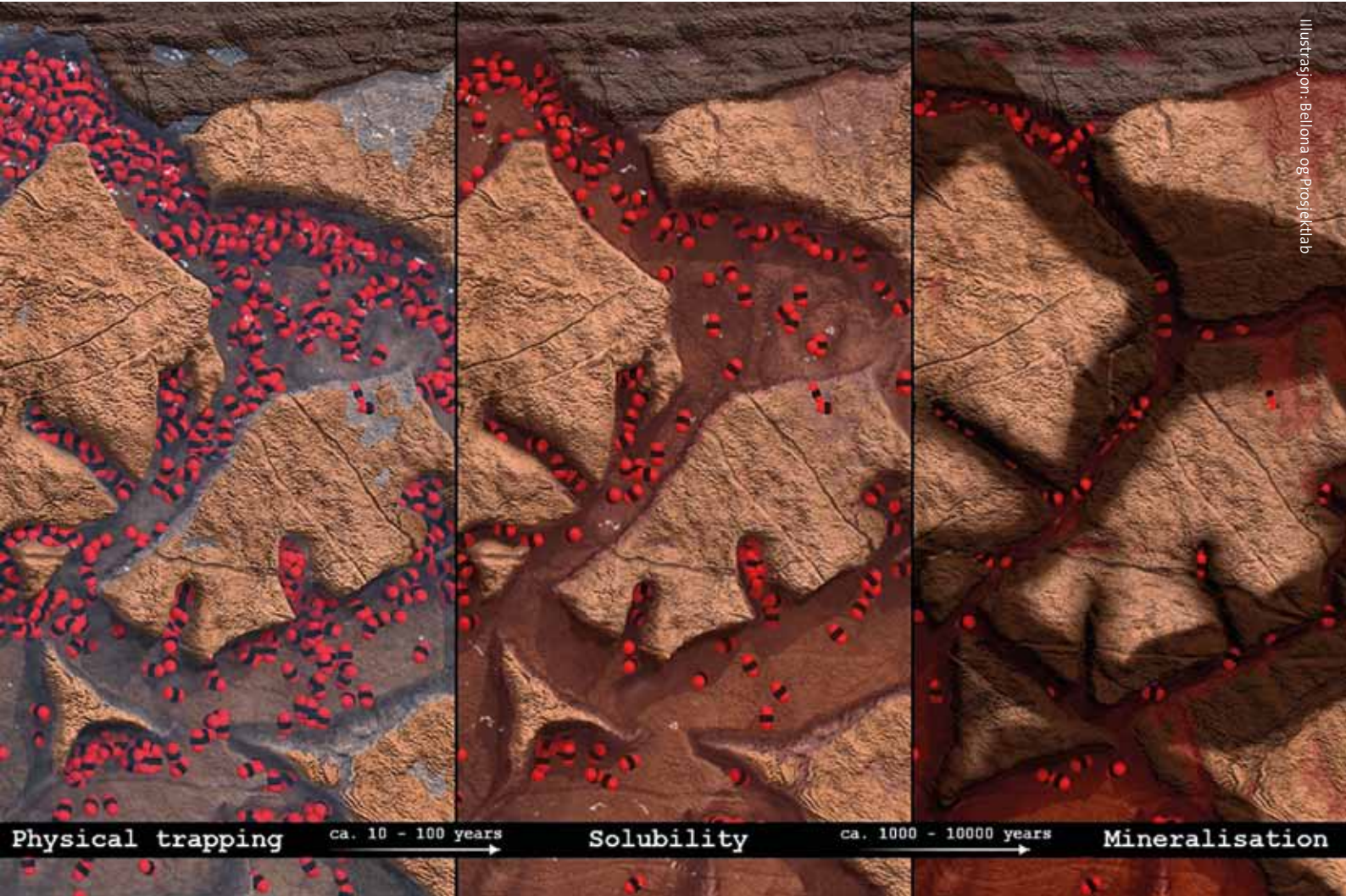
Et av forskningscentrene for miljøvennlig energi ser spesielt på lagring av CO₂. FME SUbsurface CO₂ storage – Critical Elements and Superior Strategy (SUCCESS) skal bidra til å finne gode og pålitelige måter å lagre CO₂ på. Forskerne ser på ulike lagringsmetoder for CO₂ og hvordan CO₂ oppfører seg ved lagring i undergrunnen. Senteret skal også finne de beste metodene for å injisere CO₂ og for overvåking av at CO₂ holder seg i undergrunnen når den er lagret. Senteret har et årlig budsjett på rundt 20 millioner kroner, hvorav halvparten er finansiert av Norges forskningsråd.

«Svalbard er en ettertraktet plass for å lære mer om hvordan CO₂ oppfører seg i bergarter. Bergrunnen som består av sedimentære bergarter, har et oppsprukket sandsteinreservoar fra 670 til nær 1000 meters dyp med tette skiferlag over og egner seg derfor godt til CO₂-lagring».

ned i undergrunnen. Beslutningen om å injisere CO₂ på In Salah fra 2004 bidro trolig til at algeriske myndigheter innførte begrensninger på CO₂-utslipp fra installasjoner i Algerie.

Sleipner-suksessen har også bidratt til at Chevron skal igangsette CO₂-håndtering på Gorgon-feltet i Australia, der ca. 4 millioner tonn CO₂ tatt ut fra naturgass skal injiseres hvert år.

gått smertefritt siden 1996 der den vannførende formasjonen Utsira synes å være et ideelt lager. Snøhvit som startet injisering i 2008, fikk problemer våren 2011. CO₂-reservoaret har trolig mindre kapasitet enn man trodde i utgangspunktet, og injeksjonsprosessen er ikke utformet på beste måte. Problemene viser at det er viktig med meget grundige forundersøkelser for å beskrive og forstå reservoaret og at >>



Mekanismer for CO₂-lagring

CO₂ (røde molekyler) i en porøs bergart kan ikke bevege seg oppover på grunn av den harde og ugjennomtrengelige bergarten over.

CO₂ vil over tid løses seg opp i vannet i den porøse bergarten

Etter tusener av år vil CO₂ danne fast stein og CO₂ er dermed permanent lagret

«Det største hinderet for å lagre CO₂ under bakken på land, er mangel på forståelse i befolkningen av rollen CO₂-håndtering kan spille som klimatiltak».

Foto: SINTEF



Nøkkelpersonene

I 1986 lanserte SINTEF-forskerne Erik Lindeberg (avbildet) og Torleif Holt tanken om å fange CO₂ fra gasskraftverk og benytte den til å øke oljeutvinningen fra reservoarer i Nordsjøen. Finansiert av Statoil gjorde de to den første studien av CO₂-håndtering. Den var ferdig i 1990 og la grunnlaget for at Statoil kunne jobbe for at CO₂ fra Sleipner ble fanget på plattformen og pumpet ned i undergrunnen.

Økt oljeutvinning

Åtte av verdens 12 CO₂-håndteringsanlegg som er i drift eller under bygging, skal bruke fanget CO₂ til økt oljeutvinning. Injeksjon av CO₂ i oljefelt for å øke oljeutvinning har vært benyttet i Nord-Amerika siden tidlig på 1970-tallet. Også i Norge har man sett på denne muligheten i flere oljefelter siden siste halvdel av 1980-tallet, men så langt har man ikke funnet dette lønnsomt på norsk sokkel.

Det er mye porøs sandstein på Svalbard, både over og under bakken.



Foto: UNIS

forskning er viktig for å oppnå de kunnskapene som er nødvendige. Prosjektene i feltlaboratoriene på Svalbard og ved Svelvik bidrar til dette. Det samme gjør mange store forskningsprosjekter som har blitt igangsatt de siste årene.

FoU-miljøene innen lagring vokser opp

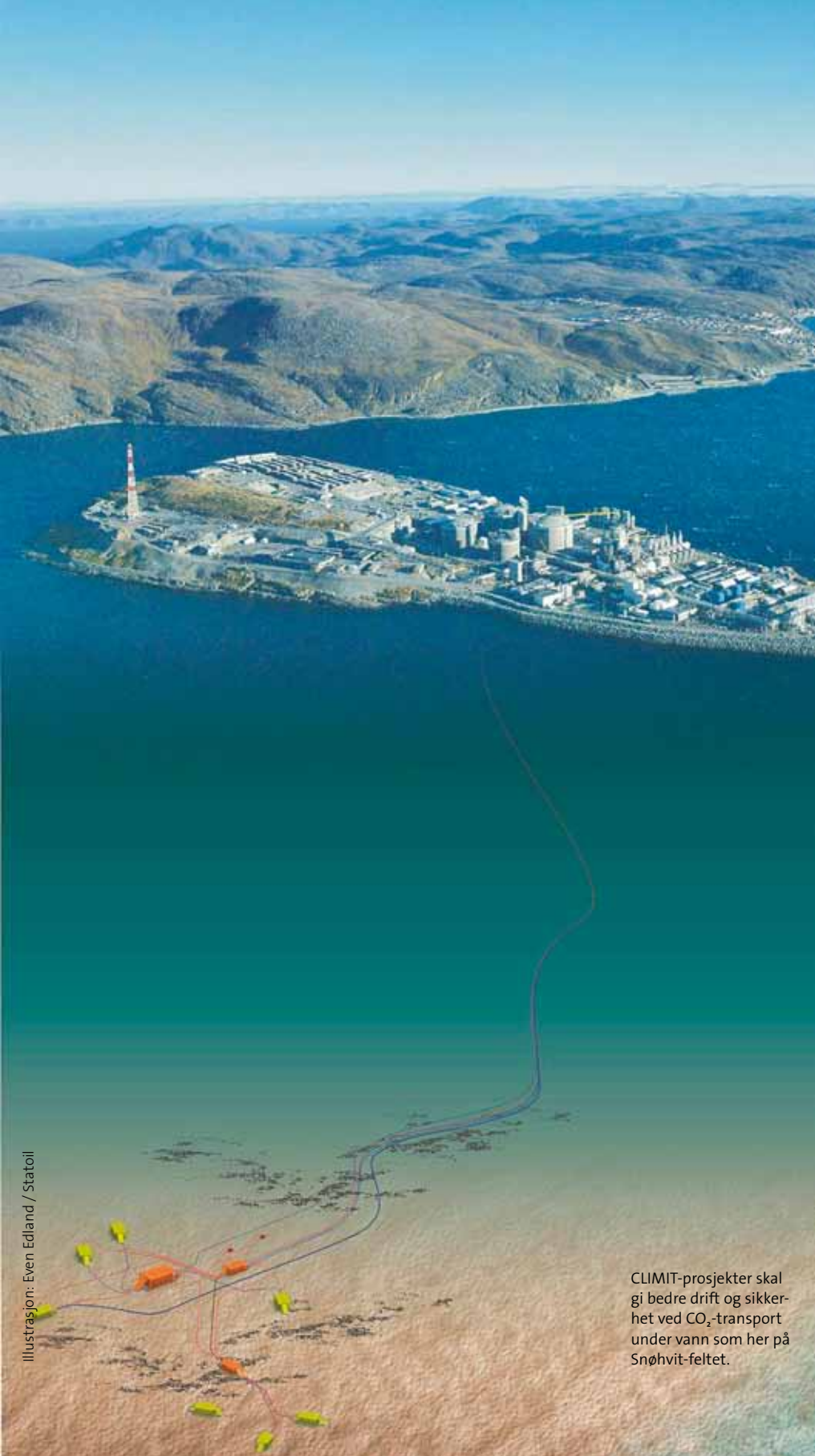
Mye av forskningen innen CO₂-lagring var i mange år sentrert rundt prosjektene SACS og CO2STORE. I 2002 startet SINTEF sitt store kompetanseoppbyggingsprosjekt KMB CO₂, med støtte fra Forskningsrådet. SINTEF har helt siden 80-tallet vært tungt inne i lagringsprosjektene i samarbeid med Statoil. Etter hvert kom flere aktører på banen, særlig i Bergen. Universitetet i Bergen (UiB) fikk støtte til flere lagringsprosjekter fra Forskningsrådets Klimatek-program, og industriell støtte fra Norsk Hydro og Philips Petroleum. I denne perioden fikk UiB også en betydelig kontrakt med det BP-ledede prosjektet The CO₂ Capture Project (CCP) for å utvikle koplede geokjemiske og geomekaniske modeller, noe som var pekt

ut som mangel i verktøykassen. Mange aktiviteter er gjort i samarbeid med det anerkjente Princeton University i USA.

Forskningsmiljøene ved Bergen har bidratt til økt generell kunnskap om hvor og hvordan man skal injisere CO₂, om lagringskapasitet, risikofaktorer og trykkoppbygginger. UiB har de siste årene utviklet sterke miljøer innenfor matematikk og fysikk anvendt i geologien, og fått støtte til en rekke prosjekter fra CLIMIT-programmet.

Andre institusjoner som kom på banen i denne perioden er Universitetet i Oslo, Norges geologiske undersøkelse (NGU), Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Institutt for energiteknikk (IFE). Nye metoder for overvåking av CO₂ i reservoarene, for eksempel med elektromagnetiske metoder og bruk av mikroseismikk, er utviklet de siste årene.

Forskningen i Norge på hva som skjer når bergarter sprekkes opp med høyt trykk for å oppnå bedre injeksjon >>



Illustrasjon: Even Edland / Statoil

CLIMIT-prosjekter skal gi bedre drift og sikkerhet ved CO₂-transport under vann som her på Snøhvit-feltet.

«Norske selskaper og forskere har vist verden hvordan CO₂ kan lagres i reservoarer under havbunnen».

Permanent lagring

CO₂ som fanges kan lagres i undergrunnen. Porøse formasjoner dypt nede i grunnen med faste, ugjennomtrengbare lag over seg, er velegnede lagringsplasser. Det er anslått at reservoarene under Nordsjøen kan lagre mesteparten av CO₂-en som fanges i Europa. Et velegnet lagringssted må kunne holde på CO₂-en i mer enn tusen år.

CO₂-turisme

Sleipner er et prakt eksempelpå at det går an å lagre CO₂ i stor skala. Prosjektet har vært en svært god markedsføring av norsk kompetanse på CO₂-håndtering. Man kan nesten snakke om at prosjektet skapte en «CO₂-turisme» der «alle» skulle se og bli informert om anlegget, inklusive presidenter, statsministre og høyt rangerte FN-folk.

«Det synes å være langt mindre motstand mot å lagre CO₂ i formasjoner under havbunnen, i hvert fall i Norge».

av CO₂ ble meget aktuell våren 2011. Da kom meldingene fra USA om lekkasjer av forurenset vann fra produksjon av skifergass inn i drikkevannsreservoarer. Dette skyldes trolig oppsprekningen

motstanden gjelder lagring i formasjoner på fastlandet og særlig i tettbygde områder. Det synes å være langt mindre motstand mot å lagre CO₂ i formasjoner under havbunnen, i hvert fall i Norge.

Statoil har uttrykt ambisjoner om å utvikle en ny forretningsvirksomhet som leverandør av tjenester innenfor CO₂-lagring. En modell er at den norske delen av Nordsjøen kan bli lager for store deler av Europas CO₂-utslipp. ■

«FoU-virksomheten og kompetansebyggingen som ble initiert med CO₂-håndteringen på Sleipner, har satt norske miljøer i stand til å utføre grundig kartlegging av lagringskapasitet på norsk sokkel».

som foretas for å ta ut naturgassen i skiferbergartene.

«Showstoppers»

Ufullstendige lovverk og reguleringer for lagring av CO₂ har lenge vært et hinder for kommersiell utnyttelse av lagring i geologiske formasjoner. Her har det vært bevegelse de siste årene. I 2009 innførte EU et direktiv med retningslinjer for lagring av CO₂. De to viktige internasjonale konvensjonene OSPAR og London-konvensjonen har i tillegg åpnet for å lagre CO₂ under havbunnen.

Det største hinderet for å lagre CO₂ i bakken på land, er mangel på forståelse i befolkningen av rollen CO₂-håndtering kan spille som klimatiltak. Både i Nederland og Tyskland er planlagte fullskalaprojekter blitt kansellert på grunn av lokal motstand. Den uttrykte

Kommersielle muligheter

FoU-virksomheten og kompetansebyggingen som ble initiert med CO₂-håndteringen på Sleipner, har satt norske miljøer i stand til å utføre grundig kartlegging av lagringskapasitet på norsk sokkel. Her åpner det seg nye forretningsmuligheter i oppdrag for myndighetene så vel som for private selskap som med tiden ønsker å ta i bruk CO₂-lagring.

Det Norske Veritas (DNV) opprettet i 2006 en egen enhet for veiledning og verifikasjon av CO₂-håndtering som har gjennomført flere prosjekter og utredninger. Et av dem munnet ut i CO2QUALSTORE, en veileder for utvelgelse, karakterisering og kvalifisering av formasjoner og prosjekter for lagring av CO₂. Prosjektene har vært delfinansiert av andre bedrifter og CLIMIT-programmet.



Foto: Shutterstock

De viktigste aktørene innenfor CO₂-lagring >>

Forskningsinstitusjoner

- ▶ SINTEF
- ▶ NTNU
- ▶ Universitetet i Bergen
- ▶ Universitetet i Oslo
- ▶ Norges geologiske undersøkelse
- ▶ Norges geotekniske institutt
- ▶ Institutt for energiteknikk
- ▶ IRIS

Selskaper

- ▶ Statoil
- ▶ Det Norske Veritas

Unikt program for teknologiutvikling

CLIMIT-programmet favner alle teknologiske sider av CO₂-håndtering for kraftproduksjon og industri. Programmet dekker hele kjeden fra forskning og utvikling til demonstrasjon.

Målsettingen for CLIMIT-programmet er:

Akselerere kommersialisering av CO₂-håndtering gjennom økonomisk stimulering av forskning, utvikling og demonstrasjon.

CLIMIT-programmet ble opprettet i 2005 for å støtte utvikling av gasskraft-teknologi med karbonfangst og lagring, forkortet med CO₂-håndtering, eller «CCS» på engelsk. Støtteordningen ble i 2008 generalisert til å omfatte kraftproduksjon basert på alle fossile brenslere og fra 2010 også punktutslipp fra industrien.

Programmet ledes av Gassnova og administreres av Forskningsrådet og Gassnova i fellesskap. Programmet er todelt, og arbeidsdelingen er grovt sett slik at Forskningsrådet tar seg av

søknadene om forskning og utvikling gjennom CLIMIT-FoU, mens Gassnova tar seg av søknadene for pilotanlegg og demonstrasjon gjennom CLIMIT-Demo.

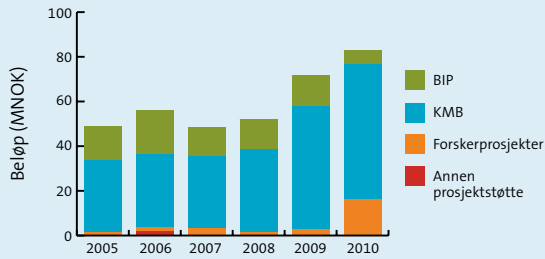
Til sammen disponerer CLIMIT rundt 180 millioner kroner årlig:

- ▶ Forsknings- og utviklingsaktiviteter som Forskningsrådet administrerer, får sine bevilgninger årlig over statsbudsjettet. Årsbudsjettet er 95 millioner kroner i 2011.
- ▶ Pilot- og demonstrasjonsanlegg som Gassnova administrerer, blir finansiert fra avkastningen på Gassteknologifondet som ble opprettet av Stortinget i 2004. For 2011 tilsvarer dette 83 millioner kroner.

Finansieringen til CLIMIT kommer i sin helhet fra Olje- og energidepartementet. ■

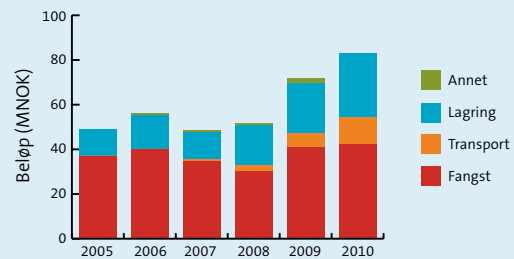


Midler brukt på forskning i CLIMIT-FoU fordelt på prosjekttype

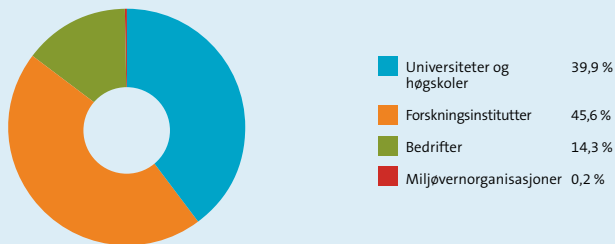


BIP er prosjekter ledet av bedrifter, KMB er prosjekter hos forskningsinstitutt og Forskerprosjekter er primært for universiteter og høyskoler.

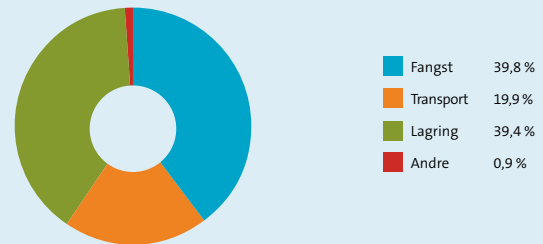
Midler brukt på forskning i CLIMIT-FoU fordelt på fagområde



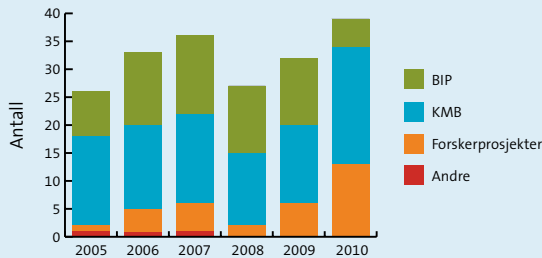
Fordeling av midler på type aktører i 2011



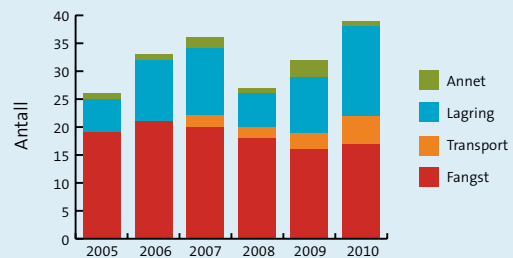
Fordeling av prosjekter på teknologiområde i 2011



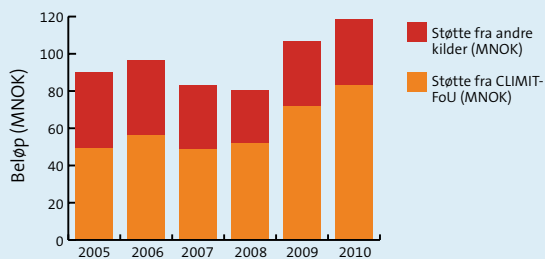
Antall prosjekter



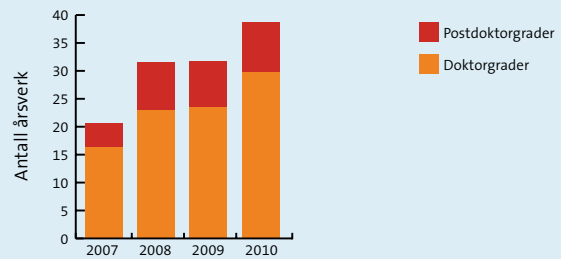
Antall prosjekter



Støtte fra CLIMIT-FoU utløser finansiering fra andre kilder



Doktor- og postdoktorgradsutdanning målt i antall årsverk



Veien videre

▶ Norge bruker mye penger på CO₂-håndtering, både til FoU-prosjekter og ikke minst til bygging av testsenteret på Mongstad (TCM). Mange spør om dette er vel anvendte penger. Et betimelig spørsmål der svaret enkelt: Vi er definitivt på rett vei mot anvendbare løsninger for fangst, lagring og transport av CO₂.

Det internasjonale energibyrået, IEA, har i sitt Blue Map scenario anslått at CO₂-håndtering må bidra med nærmere 20 prosent av nødvendige utslippskutt innen 2050. Dette er en betydelig andel og betyr at milliarder av tonn med CO₂ bør være fanget og lagret over hele verden de neste fire tiårene.

Målsettingen er ambisiøs, men fullt realistisk. For å nå den har vi ingen tid å miste. Teknologi for fangst og lagring av CO₂ må kommersialiseres så fort som mulig, hvilket betyr innen 10-15 år. Dette vil være krevende, og kan kun løses gjennom to løp som må gjennomføres samtidig.

- Det må bygges fullskala demonstrasjonsanlegg for å vise at det vi har forsket frem ikke bare fungerer i laboratoriet, men også i fullskala. Demonstrasjonsanleggene vil gi oss høyst nødvendige erfaringer.

- Parallelt må det gjennomføres omfattende forskning og utvikling på CO₂-håndtering. Den skal gi svar på spørsmålene vi får fra demonstrasjons-

anleggene, og i tillegg vil forskningen bidra til utvikling av neste generasjons teknologi som vil være både mer effektiv og billigere enn dagens teknologi.

Langsiktig forskning på fangst og lagring av CO₂ i Norge har i meget stor grad bidratt til at det verden over planlegges bygging av storskala demonstrasjonsanlegg. Forskningsmiljøene i Norge er mange og holder høyt internasjonalt nivå. CLIMIT vil fortsette å støtte både disse og nye miljøer, slik at norske forskere også i fremtiden vil bidra til banebrytende resultater. De vil bidra til at verden når målsettingen om at CO₂-håndtering i 2050 bidrar med tilnærmet en femdel av nødvendige utslippskutt.

Videre investering i forskning på fangst og lagring av CO₂ er en billig investering i en grønn og miljøvennlig fremtid.

Ifølge IEA vil det bli 70 prosent dyrere å løse klimautfordringen dersom vi ikke satser på CO₂-håndtering.

Da skulle vel alt være såre enkelt? Vel, nesten. Resultater kommer ikke av seg selv, og det er mange utfordringer å løse. Vi vet at teknologi for CO₂-fangst virker i dag, dog med lav kostnadseffektivitet. I tillegg er det også flere kunnskapshull når det gjelder CO₂-lagring, selv om Sleipner-prosjektet viser at lagring er fullt mulig. Med videre forskning og demonstrasjon vil vi etter hvert ha den teknologien vi trenger for å fange og trygt lagre CO₂, og forskning på CO₂-håndtering i Norge vil bidra til dette.

Aage Stangeland
Programkoordinator CLIMIT-FoU



Foto: Sverre Chr. Jarlid

«Det må bygges fullskala demonstrasjonsanlegg for å vise at det vi har forsket frem ikke bare fungerer i laboratoriet, men også i fullskala. Parallelt må det gjennomføres omfattende forskning og utvikling på CO₂-håndtering».

Aage Stangeland



Om publikasjonen

CLIMIT-programmet har som målsetning å akselerere kommersialisering av CO₂-håndtering gjennom økonomisk stimulering av forskning, utvikling og demonstrasjon.

Denne publikasjonen har fokus på å dokumentere resultatene av forskningen på CO₂-håndtering både gjennom CLIMIT-programmet og annen forskning som kan spores tilbake til 1980-tallet.

Publikasjonen er et ledd i en helhetlig plan for dokumentering av resultater.

Et temahefte fra
Norges forskningsråd | oktober 2011

Ansvarlig utgiver:
Norges forskningsråd
Stensberggata 26
Postboks 2700 St. Hanshaugen
NO-0131 Oslo

Telefon: +47 22 03 70 00
Telefaks: +47 22 03 70 01
post@forskningsradet.no
www.forskningsradet.no

Opplag: 1000
Innholdsproduksjon: Teknomedia AS
Design/layout: Agendum AS
Trykk: 07 Gruppen

Redaktør: Aage Stangeland
Fotoredaktør: Mari Susanne Solerød
Redaksjon: Aage Stangeland, Lars Ingolf Eide, Hugo Ryvik, Claude R. Olsen, Mari Susanne Solerød
Forsidefoto: Sverre Chr. Jarild
Kontakt: mso@forskningsradet.no
ISBN TRYKK 978-82-12-02969-9
ISBN PDF 978-82-12-02970-5
ISSN 1891-8980